

следования, была приблизительно на 65 процентов тепло эффективна (65 процентов тепла вошли в печь, и 35 процентов уходили в продукты горения или через стены нагревателя).

Увеличение тепловой эффективности позволяет оператору обработать то же самое количество законченной стали при горении меньшего количества природного газа.

Итоги проекта

Улучшенный дизайн RASERT был развит в сотрудничестве с североамериканской Компанией-производителем и утвержден посредством тестирования в лаборатории Газового Технологического Института в NAMCO. Двенадцать горелок RASERT были установлены в Фонтане, Калифорнийском Сталелитейном заводе. Эти нагреватели заменили существующие там ранее U-образные радиационные нагреватели и были исследованы более подробно после установки. Модификация, как показали исследования, предоставляла следующие преимущества:

- сокращение потребления топлива на 25 процентов. Тепловая эффективность горелок в зоне перед модификацией составляла приблизительно 50 процентов. После модификации RASERTs обеспечил приблизительно 65-процентную тепловую эффективность;
- выход NO_x был уменьшен на 55 процентов;
- выход CO был уменьшен на 58 процентов;
- выход CO_2 был уменьшен на 25 процентов.

Заключение

Технология RASERT, как показывали результаты, была эффективна и экономически выгодней. Также, исследование радиационного нагревателя в лаборатории Газового Технологического института, финансируемой спонсорами, показало, что у улучшений, кроме того продемонстрированных в этом проекте, есть высокий потенциал, который будет включен в новый и улучшенный опытный образец для оценки.

Выгоды для Калифорнии

В результате модификации в Зоне 6, приблизительно 2 миллиарда британской тепловой единицы ($1\text{ кВт} = 3500\text{ BTU}$) природного газа ежегодно будут сохранены на средства Фонтаны, и модификация уменьшит выход NO_x от Зоны 6 приблизительно на 492 фунта (223 кг.) ежегодно. Модификация уменьшит выход CO приблизительно на 243 фунта ежегодно и выход CO_2 приблизительно на 232,000 фунтов (116 тонн) ежегодно. Кроме того, данная технология очень выгодна с экономической точки зрения.

ВЛИЯНИЕ ОТВАЛА КЛИНКЕРА ВЕЛЬЦЕВАНИЯ ЦИНКОВОЙ РУДЫ НА ЭКОЛОГИЮ ПАЧИСАЙ И РЕГИОНА В ЦЕЛОМ

Колесников А.С., Гонтаренко К.И., Овчинникова В.Н., Муртазина Е.Р.

*РГП «Южно-Казахстанский государственный университет имени М. Ауезова»,
г. Шымкент, Казахстан*

По данным Шымкентского областного управления экологии на сегодняшний день в Кентауском регионе хранится около 150 млн.т. отвалов и хвостов обогащения. Они, занимая огромные площади земель, приводят к загрязнению поверхностных и подземных вод тяжелыми металлами, а также органическими и неорганическими кислотами. В настоящей работе показан механизм загрязнения окружающей среды ионами тяжелых металлов на примере отвала клинкера Ачисайского металлургического завода.

Запущенный в эксплуатацию в 1966 году на Ачисайском полиметаллическом комбинате металлургический завод с вельц установками для переработки окисленных цинковых руд переработав большую массу руды с выделением из руды окиси цинка оставил после себя 4,7 млн.т клинкеров вельцевания, размещенного в высокогорной местности. Как и всякий отход производства клинкер вельцевания представляет угрозу окружающей природной среде. Клинкер вельцевания характеризуется следующим химическим составом: 1,5–2 % Zn;

0,1–0,2 % Pb; 0,001 % Cd; 13–16 % CaO; 2–3 % MgO; 16–20 % SiO₂; 3–5 % Al₂O₃; 20–23 % Fe_{общ.}; 16–17 % C.

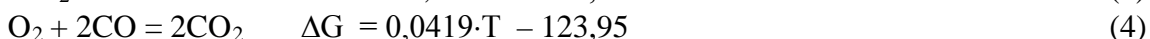
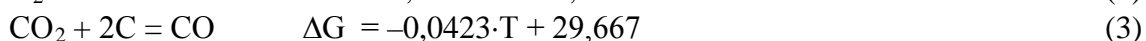
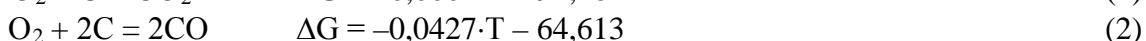
Как видно одним из компонентов клинкера является углерод, содержание которого составляет около 0,7–1,0 млн т. В процессе длительного хранения под воздействием давления, происходит разогрев массы клинкера, который в представляет собой материал в виде окатышей со средневзвешенным диаметром ~ 6,19 мм и с развитой поверхностью газопроницаемости. В табл. 1 представлен гранулометрический состав клинкера.

Таблица 1

Гранулометрический состав клинкера

№	Фракция, мм	Масса, кг	%
1	<1	3,3	11,0
2	1÷3	4,5	15,0
3	3÷5	6,3	21,0
4	5÷7	6,6	22,0
5	7÷10	4,5	15,0
6	>10	4,8	16,0
Σ		30	100

Под воздействием ветра, проникающего в полость насыпной массы клинкера происходит возгорание коксовой составляющей отвала клинкера по реакциям:



Явление возгорания клинкера наблюдается преимущественно в ветреную погоду не зависимо от времени года.

Следует отметить, что на расстоянии 2–3 км расположен поселок. Местность здесь горная с преобладанием ветров восточного и северо-восточного направлений. Климат континентальный расчетные температуры наружного воздуха следующие:

– средняя температура воздуха самого жаркого месяца +28,3 °С; средняя температура воздуха самого холодного месяца –5,6 °С; минимальная температура –38 °С; максимальная температура +46 °С; среднегодовое количество осадков – 238 мм.

Ветровой режим места расположения отвала клинкера как в зимнее так и в летнее время характеризуется значительной повторяемостью ветров северо-западного, восточного, юго-восточного и северо-восточного направления. Южные и юго-западные ветра отмечаются очень редко. В таблице 2 представлены данные о скорости и повторяемости ветра.

Метерологические характеристики и коэффициенты, определяющих условия рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере принятые по [1] представлены в табл. 3.

Самопроизвольное выгорание углерода наносит не только экологический ущерб, посредством увеличения доли углекислого газа в атмосфере, (так только при 3 % угаре углерода в год с отвала клинкера в атмосферу выбрасывается более 110000 тн углекислоты), но и наносит экономический ущерб в размере более 45 млрд. тенге в год и такая ситуация при не принятии мер по утилизации отвала клинкера вльцевания Ачисайской цинковой руды будет продолжаться не менее 30 лет.

Таблица 2

Данные скорости и повторяемости ветра

№	Показатели	Размерность	Значения	
			Зима (январь)	Лето (июль)
1	Повторяемость направлений ветра и средняя скорость по направлениям	$\frac{\%}{\text{м/сек}}$		
1.1	С	—	5/2,8	12/3,6
1.2	СВ	—	11/3,9	26/4,9
1.3	В	—	32/3,7	15/5,3
1.4	ЮВ	—	14/3,1	4/2,9
1.5	Ю	—	4/3,4	2/3,7
1.6	ЮЗ	—	6/4,4	4/4
1.7	З	—	11/3,9	12/4,9
1.8	СЗ	—	17/3,7	25/5,5
1.9	Штиль	—	26	11
2	Максимальная из средних скоростей по румбам за январь и скорость ветра превышающая повторяемость	м/сек	10	8

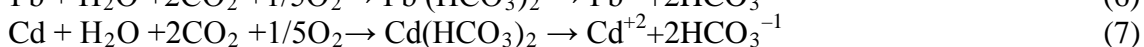
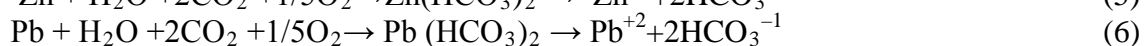
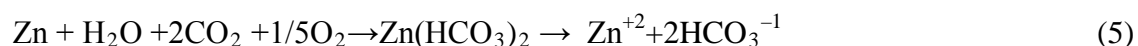
В результате возгорания помимо окислов углерода образуются оксиды серы и азота, взаимодействия которых с влагой приводят к снижению pH дождевых и талых вод и растворяют в себе ионы тяжелых металлов в частности Zn, Pb, Cd. Эти компоненты, с дождевыми и талыми водами способны переходить в грунтовые воды, что приводит к возникновению проблемы очистки ее от губительного для здоровья вредных примесей [2].

Таблица 3

Метеорологические характеристики и коэффициенты, определяющих условия рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере

№	Характеристика	Обозначение	Размерность	Величина
1	Коэффициент температурной стратификации	A	°C мг·град/г	200
2	Коэффициент учета местности	η	—	1
3	Наружные температуры для расчета приземных концентраций вредных веществ в атмосфере	t	°C	–38 – +46
4	Средняя наиболее холодного месяца	$t_{\text{cp}}^{\text{х.м.}}$	°C	–5,6
5	Максимальная наиболее холодного месяца	$t_{\text{max}}^{\text{х.м.}}$	°C	–38
6	Максимальная наиболее жаркого месяца	$t_{\text{max}}^{\text{ж.м.}}$	°C	+46

На рисунке 1 представлена зависимость влияния энергии Гиббса (ΔG , ккал.) от температуры (°C) на протекание реакций образования ионов тяжелых металлов в водной среде:



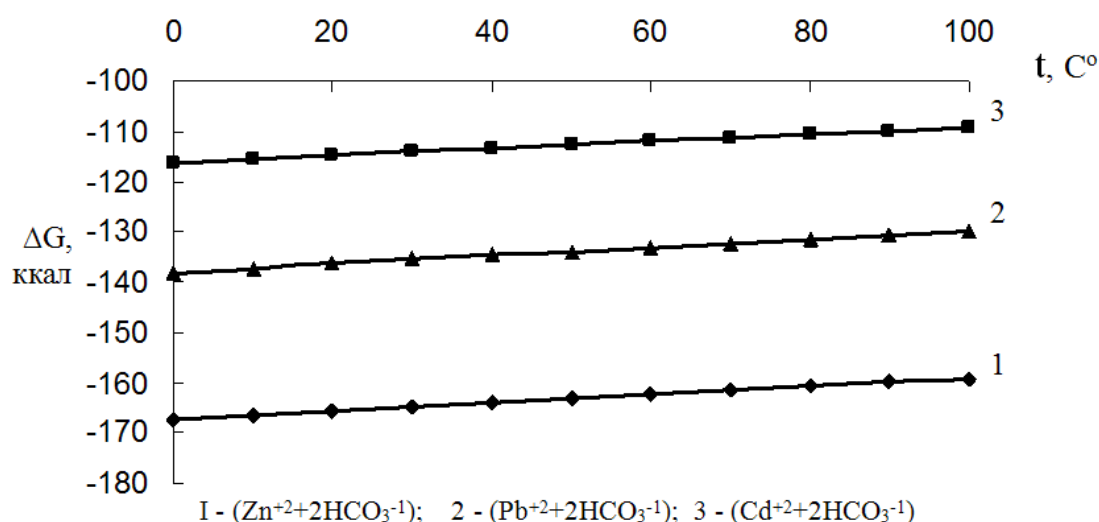


Рис. 1. Влияние температуры на ΔG реакций

Как видно из рисунка 1 ионы цинка, свинца и кадмия имеют право на образование в водной среде, а также ее миграции в дальнейшем в почву и растения. О токсичности рассмотренных элементов можно судить из табл. 4.

Таблица 4

Предельно-допустимые концентрации (ПДК) Zn, Pb, Cd в воздухе, воде, почве и характер их воздействия на человека [3–6]

№	Вещество	Воздух (ПДКс.с)	Почва	Вода	Характер воздействия
1	Цинк	50 мкг/м ³	23,0 мг/кг	0,3 мг/л	Транслокация
2	Свинец	300нг/м ³	20,0 мг/кг	30мкг/л	Поражение нервной системы, печени и кроветворных органов, обогащение и накопление в пищевых цепях
3	Кадмий	300нг/м ³	1,0 мг/кг	1,0мкг/л	Канцерогенез

По данным областной СЭС, в грунтовых водах, отобранных недалеко от хвостохранилищ содержание тяжелых металлов в несколько раз превышает норму (табл. 5).

Таблица 5

Содержание химических элементов в грунтовых водах

№	Наименование	Количество в мг/л
1	Свинец	7,08
2	Цинк	6,0
3	Ионы SO_4^{2-}	522,0
4	Ионы Cl^-	14,0
5	Ионы Cu^{2+}	180,0
6	Ионы K^+, Na^+	5,0
7	Общая минерализация	939–1264,0

Анализ почвы в регионе показали, что превышение ПДК свинца в почве составляет до 40 раз. Растения, произрастающие в Кентауском регионе, теряют свои полезные свойства в зависимости от концентрации свинца в почве. Загрязнение окружающей природной среды сказывается и на здоровье населения региона и особенно на подрастающем поколении. Проведенными исследованиями [7] показано: что по основным параметрам физического развития подростков 15–17 лет с средним физическим развитием составляет 67,6 %, нижесредним 17,0 % и низким 3,2 %, что значительно ниже аналогичных показателей регионов с меньшим промышленным загрязнением. Отклонения в физическом развитии имелось у 1/5 обследованных юношей призывного возраста. В дисгармонизации физического развития видится роль антропогенного загрязнения, о чем свидетельствует высокая обратная корреляционная

связь между содержанием солей тяжелых металлов в воде ($r = -0,83 \dots -0,97$) и в почве ($r = -0,68 \dots -0,74$).

Таким образом, механизм загрязнения окружающей среды от отвала клинкера не только по причине разноса мелочи ветром [8], но более глубокий, а именно:



Рис. 2. Схема воздействия отвала клинкера на окружающую среду

Выводы:

- наиболее опасным техногенным отходом является отход, месторасположение которого находится выше уровня моря;
- по своей структуре является причиной активного загрязнения окружающей среды;
- необходимо принять неотложные меры по утилизации отвала клинкера вельцевания Ачисайской цинковой руды.

Список использованных источников

1. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОДН–86, а с 1997 года–РДН 211.2.01–97). Л.: Гидрометеоиздат, 1987.
2. Гальперин М.В. Экологические основы природопользования: учебник. М.: Форум: ИНФРА–М. 256 с.
3. Ориентировочно-безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест № 3.02.0367–99.
4. СанПиП и П 3.01.070.98 Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. Утв. главным государственным санитарным врачом РК.
5. Список «Предельно-допустимых концентраций химических веществ в почве (ПДК)» Утв. главным государственным санитарным врачом РК № 3.02.002–97 от 24.11.97.РДН 211.3.03.03–2000.
6. Беспаятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно-допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Л.: Химия, 1985. 528 с.

7. Кистаубаева З.К. Состояние здоровья и иммунологическая реактивность подростков города Кентау: автореферат на звание канд. мед. наук. Алматы, 2002. 25 с.
8. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. 2-е изд. М.: Гидрометеиздат, 1984. 192 с.

ИНЖЕНЕРНЫЙ ПОДХОД К РАСЧЕТУ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ СЛОЯ С УЧЕТОМ ФИЛЬТРАЦИИ

Колибаба О.Б., Бухмиров В.В., Сулейманов М.Г.

*Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина,
г. Иваново, Россия*

В инженерной практике приходится рассчитывать температурное поле садки мелких тел как единого условного изотропного пористого тела с порозностью, f . Перенос теплоты в таком теле обусловлен теплопроводностью по твердому скелету и газу, заполняющему поры, излучением и конвекцией в порах, причем последняя определяется интенсивностью фильтрации газа через поры [1].

На основе численного решения задачи при использовании теории планирования эксперимента получены формулы для расчета температур поверхности, центра и средней по массе температуры насыпной садки [2]. Задача расчета температурного поля слоя с учетом фильтрации газов формулируется системой уравнений:

$$c_{\vartheta}(\vartheta) \frac{\partial \vartheta}{\partial Fo} = b \frac{\partial \vartheta}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} (\lambda_{\vartheta}(\vartheta) \frac{\partial \vartheta}{\partial x}); \quad (1)$$

$$\vartheta(x, 0) = \vartheta_0; \quad (2)$$

$$\lambda_{\vartheta}(\vartheta) \frac{\partial \vartheta(1, Fo)}{\partial x} = A_0 (1 + A_1 \sqrt{\frac{Fo}{Fo_{\kappa}}}); \quad \frac{\partial \vartheta(0, Fo)}{\partial x} = 0 \quad (3)$$

$$\vartheta = \frac{T - T_0}{T_0}; \quad Fo = \frac{\lambda_{0,\vartheta} \cdot \tau}{C_{0,\vartheta} \cdot R^2}; \quad b = \frac{w \cdot f \cdot C_{\varepsilon} \cdot R}{\lambda_{0,\vartheta}}; \quad A_0 = \frac{q_0 \cdot R}{\lambda_{0,\vartheta} \cdot T_0}; \quad A_1 = \frac{a_1}{q_0};$$

где R – расчетный размер; w – скорость фильтрации, T_0 – начальная температура садки, $C_{0,\vartheta}$, $\lambda_{0,\vartheta}$ – эффективные теплофизические свойства садки при $\vartheta = 0$.

Зависимость $\lambda_{\vartheta}(\vartheta)$ аппроксимируют функцией:

$$\lambda_{\vartheta}(\vartheta) = \lambda_{0,\vartheta} \left(1 + p \cdot \vartheta + \frac{1}{2} p^2 \vartheta^2 \right) \quad (4)$$

Искомую зависимость $\vartheta(Fo)$ аппроксимируют [3] полиномом 2 степени.

Для решения задачи применяется планирование численного эксперимента с построением полного факторного композиционного ротatableльного плана. В результате решения задачи получены формулы для расчета обогреваемой $\vartheta(1, Fo)$, необогреваемой $\vartheta(0, Fo)$ поверхностей и средней по массе температуры $\vartheta_{cp}(Fo)$ слоя.

Список использованных источников

1. Васильев Л.Л., Танаева С.А. Теплофизические свойства пористых материалов. Минск: Наука и техника, 1971. 268 с.
2. Бровкин Л.А. Температурные поля тел при нагреве и плавлении в промышленных печах. Иваново: изд. Ивановского гос. университета, 1973. 364 с.
3. Методы определения теплопроводности и температуропроводности / Под ред. А.В. Лыкова. М.: Энергия, 1973. 336 с.